

УДК 621.317

А. Е. ПОЕДИНЧУК, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник
Харьковский институт радиопизики и электроники НАН Украины им. О. Я. Усикова,
г. Харьков

Н. Г. КОСУЛИНА, д-р техн. наук, проф.

Харьковский национальный технических университет сельского хозяйства
им. П. Василенко, г. Харьков

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

В статье обоснован метод анализа электрофизических параметров биологических объектов на основе метода ортогональных моментов.

У статті обґрунтований метод аналізу електрофізичних параметрів біологічних об'єктів на основі методу ортогональних моментів.

Введение

Анализ диэлектрической проницаемости биологических объектов в широкой полосе частот является актуальной задачей для электромагнитной биологии. Решений этой проблемы возможно на основе рефлектометрических систем, которая связана с теоретическими исследованиями.

Основная часть

Разработаем алгоритм идентификации частотных характеристик исследуемых биообъектов с помощью метода ортогональных моментов для реализации на ЭВМ [1].

Запишем зондирующий сигнал и сигнал отклика рефлектометра в виде дифференциального уравнения:

$$\sum_{k=1}^n a_k \frac{d^k}{dt^k} u_0(t) = \sum_{k=0}^n b_k \frac{d^k}{dt^k} u_3(t). \quad (1)$$

Эта модель может быть представлена в несколько ином виде, если перейти к изображениям по Лапласу. Тогда передаточная функция определяется выражением:

$$K(p) = \sum_{k=0}^m b_k p^k = \sum_{k=0}^n a_k p^k. \quad (2)$$

На основании (2) после определения коэффициентов a_k и b_k рассчитывается амплитудно-частотная характеристика системы.

Перейдем к идентификации коэффициентов выражений (1) и (2).

Для построения реализуемого на ЭВМ алгоритма используем конечномерным подходом к задаче идентификации. Согласно этому подходу полагаем, что существует некоторый базис-набор функции $\varphi_i(t)$ такой, что зондирующий сигнал и отклик могут быть представлены конечными наборами функций $\varphi_i(t)$:

$$u_3(t) = \sum_{i=0}^{N-1} x_i \varphi_i(t);$$

$$u_0(t) = \sum_{i=0}^{N-1} y_i \varphi_i(t).$$

В дальнейшем совокупность коэффициентов x_i и y_i обозначаются векторами x и y . После выбора базиса операция дифференцирования сводится к умножению на D -матрицу

дифференцирования. С учетом сказанного (2) записывается в виде:

$$y + \sum_{k=1}^n a_k D^k y = \sum_{k=0}^m b_k D^k x. \quad (3)$$

Это соотношение устанавливает связь между дискретными моделями входных и выходных сигналов.

Для получения дальнейших соотношений выбираем ортонормируемый базис:

$$\varphi_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } t \in [i\Delta t, (i+1)\Delta t] \\ 0, & \text{если } t \notin [i\Delta t, (i+1)\Delta t] \end{cases}.$$

Здесь $i = 0, 1, 2, \dots, N-1$.

Спектральный коэффициент y_i при ортогональном базисе определяется с помощью выражения (для определенности записан коэффициент отклика u_0):

$$y_i = \left(\int_0^T \varphi_i(t) u_0(t) dt \right) \left(\int_0^T \varphi_i^2(t) dt \right)^{-1}.$$

При выбранном базисе:

$$y_i = \frac{1}{\Delta t} \int_{i\Delta t}^{(i+1)\Delta t} u_0(t) dt.$$

Таким образом, спектральные коэффициенты в рассматриваемом базисе представляют средние значения непрерывного сигнала на интервале длительностью Δt .

Удобство применения такого базиса заключается в том, что реальные дискретные значения обрабатываемых на ЭВМ сигналов представляют результат усреднения на некотором интервале Δt непрерывного сигнала.

Это усреднение объясняется инерционностью АЦП, стробоскопического преобразователя и других элементов, применяемых при получении дискретных значений обрабатываемых сигналов.

Следовательно, дискретные значения сигналов, поступающих в ЭВМ, можно рассматривать как набор спектральных коэффициентов в базисе. Дополнительных погрешностей, связанных с разложением сигналов по системе базисных функций, при таком выборе базиса не возникает.

Список литературы

1. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Сов. радио, 1977. – 607 с.
2. Федюшко Ю. М. Применение функционального метода для анализа электрофизических параметров биообъектов // Ю. М. Федюшко, Н. Л. Лисиченко. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Збірник наукових праць «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Вип. 57. – Т. 1. – Харків: ХНТУСГ, 2007. – С. 98–105.

GROUND OF METHOD OF ANALYSIS OF INDUCTIVITY OF BIOLOGICAL OBJECTS

A. E. POEDINCHUK, Cand. Fiz.-Matem. Scie., N. G. KOSULINA, Dr. Scie.Tech., Pf.

In the article the method of analysis of electrical parameters of biological objects based on the method of orthogonal moments was explained.

Поступила в редакцию 14.02 2012 г.